

Norsk institutt for vannforskning

RAPPORT

Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5005 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-niva

9296 Tromsø
Telefon (47) 77 75 03 00
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel Undersøkelser av mulig utlekking av miljøgifter til sjø/elv fra arealer ved Tistas munning der det tidligere har vært impregneringsverk.	Løpenr. (for bestilling) 4639-2003	Dato 07/03-03
	Prosjektnr. Undernr. O-21362	Sider Pris 27
Forfatter(e) John Arthur Berge.	Fagområde Miljøgifter sjøvann	Distribusjon Fri
	Geografisk område Østfold	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Norske Skogindustrier ASA.	Oppdragsreferanse
------------------------------------------------	-------------------

Sammendrag

Ved utløpet av Tista har Norske Skogindustrier ASA en eiendom der det er påvist at grunnen kan inneholde høye konsentrasjoner av krom (Cr), kobber (Cu) og arsen (As) fra tidligere trykkimpregneringsvirksomhet og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) fra impregnering med kreosot. Norske Skog har bedt NIVA foreta undersøkelser av nevnte miljøgifter i Tista og dens munningsområde. Målsettingen for undersøkelsen var å avklare i hvilken grad det opptrer overkonsentrasjoner av As, Cu, Cr og PAH i vann i nederste del av Tista og dens munning som kan ha bakgrunn i utlekking fra forurensset grunn eiet av Norske Skog. Undersøkelsene tyder på at det er relativt lave konsentrasjoner av As og Cr i både vann og sediment i resipienten. Konsentrasjonen av Cu var også lav i sedimentet, men var relativt høy (klasse III-V) i alle vannprøver. Resultatene tyder på at det idag ikke er behov for spesielle tiltak for å hindre en utlekking av As, Cr og PAH fra grunnen der det tidligere har vært drevet impregneringsvirksomhet. Situasjonen er imidlertid mer uavklart når det gjelder Cu, men går totalt sett i retning av at det, relativt sett, ikke lekker ut vesentlige mengder Cu til resipienten fra eiendommen til Norske Skog, og at det derfor heller ikke er behov for spesielle tiltak rettet mot tilførsler fra forurensset grunn på eiendommen.

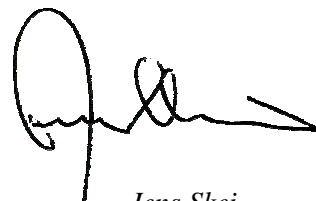
Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Treimpregnering	1. Wood impregnation
2. Grunnforurensning	2. Soil contamination
3. Sige vann	3. Seepage
4. Vannforurensning	4. Water contamination



John Arthur Berge
Prosjektleder



Kristoffer Næs
Forskningsleder
ISBN 82-577-4303-8



Jens Skei
Forskningsdirektør

**Undersøkelser av mulig utlekking av miljøgifter til
sjø/elv fra arealer ved Tistas munning der det
tidligere har vært impregneringsverk**

Forord

På grunn av tidligere treimpregneringsaktiviteter på eiendommen til Norske Skogindustrier ASA har det over lengre tid lekket ut forurensninger til grunnen. Tidligere undersøkelser gjennomført av Scandiaconsult indikerer mulig utlekking av forurensninger til Tista og dens munningsområde. For å avklare i hvilken grad det opptrer overkonsentrasjoner av As, Cu, Cr og PAH i vann i nederste del av Tista og dens munning som skyldes utlekking fra forurenset grunn på Norske Skogs eiendommer i området, fikk NIVA på bakgrunn av et programforslag av 6. juni 2002 i oppdrag å gjennomføre undersøkelser i Tista og dens munningsområde. Oppdraget ble bekreftet av Norske Skogindustrier ASA i elektronisk post av 16. september 2002.

Kontaktperson hos Norske Skogindustrier ASA har vært Roald Johansen. Feltarbeidet ble gjennomført av Leif Lien og John Arthur Berge. Prosjektleder hos NIVA har vært John Arthur Berge.

Oslo, 07/03-2003

John Arthur Berge

Innhold

Sammendrag	5
Summary	7
1. Innledning	9
2. Materiale og metode	10
2.1 Stasjoner	10
2.2 Vannprøver	11
2.3 Analyse av metaller i sediment	12
2.4 Utsetting av passive prøvetakere (DGTer) for opptak av metaller	12
2.5 Passive prøvetakere (SPMDe) for opptak av forbindelser fra kreosot	13
2.6 Analyser	13
3. Resultater og diskusjon	14
3.1 Krom, kobber og arsen i vannprøver	14
3.2 Kobber og krom i DGTer	16
3.3 PAH i SPMDe	17
3.4 Krom , kobber og arsen i sediment	18
4. Avsluttende kommentarer	19
5. Referanser	21
6. Vedlegg	22
Vedlegg A. Stasjonsposisjoner-GPS	22
Vedlegg B. Kjemiske analysemetoder	23
Vedlegg C. Rådata - Analyser av vannprøver	25
Vedlegg D. Rådata - Metallanalyser i vann basert på analyse av DGT	26
Vedlegg E. Rådata - PAH analyser av SPMD	27

Sammendrag

Ved utløpet av Tista i Halden har Norske Skog industrier ASA (omtalt som Norske Skog i resten av rapporten) en eiendom der det tidligere har vært drevet impregnering av trevirke. Det er tidligere påvist at grunnen i deler av området inneholder tildels høye konsentrasjoner av krom (Cr), kobber (Cu) og arsen (As) som stammer fra trykkimpregnering (CCA-impregnering) og noe polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) fra impregnering med kreosot.

Norske Skog har engasjert NIVA til å foreta undersøkelser av forekomst av relevante miljøgifter i Tista og dens munningsområde. Måsettingen for undersøkelsen var å avklare i hvilken grad det opptrer overkonsentrasjoner av As, Cu, Cr og PAH i vann i nederste del av Tista og dens munning som kan ha bakgrunn i utlekking fra forurenset grunn eiet av Norske Skog.

Resultatene fra analyse og vannprøver tyder på at det ikke lekker ut merkbare mengder med As fra områder der det tidligere er drevet impregneringsvirksomhet.

Vi kan ikke med sikkerhet si om det lekker ut Cr fordi alle målte konsentrasjoner lå under deteksjonsgrensen for analysen. Skulle det imidlertid lekke ut Cr, så gir dette ikke opphav til spesielt høye konsentrasjoner i Tista eller i sjøområdet utenfor og skulle derfor ikke være noe stort miljøproblem.

I vannprøver var gjennomsnitts konsentrasjonen av Cu (løst +partikulært) relativt høy (klasse III-V i følge SFTs klassifisering av miljøkvalitet) på alle stasjoner. De høyeste konsentrasjonene ble observert i sjøen og særlig utenfor CCA-verket og kan i utgangspunktet tyde på en viss tilførsel av Cu til sjø, men også andre forklaringsmodeller som økt oppvirkning av Cu-holdig sediment kan tenkes. Uansett årsak er imidlertid konsentrasjonsnivået i nedre del av Tista, av ukjente grunner, såpass høyt at selv om en reduserte Cu-innholdet til det som er observert i Tista oppstrøms eindommene, ville overflatevannet i munningsområdet fremdeles være markert Cu-forurenset (klasse III).

Resultatene tyder på at Scandiaconsults tidligere beregninger av konsentrasjoner av As, Cu og Cr i vannet ved CCA-verket (V1) er for høye. Særlig gjelder dette As.

Resultatene av analyse av Tista-vann med passive prøvetagere tyder på en svak tilførsel av løst Cu på elvestrekningen nærmest området der det har vært drevet kreosot-impregnering (dvs. fra V7 til V5). Elvestrekningen omfatter imidlertid en del av eiendommen hvor en ikke har avdekket spesielt høye konsentrasjoner av Cu i grunnen. Kilden til dette kobberet er ikke kjent, men kan komme fra bunnstoff på båter som lå fortøyd i nærheten.

Det ble observert relativt lave metallkonsentrasjoner (ubetydelig til moderat forurenset) i overflate-sedimentet i sjøen utenfor tomten der det tidligere er drevet CCA-impregnering. Resultatene tyder på at det idag ikke lekker ut As, Cr og Cu som gir opphav til vesentlig forhøyede konsentrasjoner i sedimentet.

Undersøkelsene tyder på at det idag ikke er behov for spesielle tiltak for å hindre en utlekking av As og Cr fra grunnen der det tidligere har vært drevet impregneringsvirksomhet. Situasjonen er mer uavklart når det gjelder Cu. Resultatene spriker noe, men går etter vår totalvurdering i retning av at det ikke lekker ut vesentlig mengder Cu til resipienten fra eiendommen til Norske Skog. Det er derfor heller ikke behov for isolerte tiltak rettet mot tilførsler av Cu fra tidligere impregneringsvirksomhet. Cu-konsentrasjonen i vannet var likevel generelt høyt, uten at dette kan knyttes direkte til området der det har vært drevet impregneringsvirksomhet. På generelt grunnlag bør det derfor avklares hvorfor en har et høyt innhold av Cu i vannet i området.

Resultatene tyder ikke på noen tydelig utlekking av PAH-forbindelser. En antar derfor at de høye PAH konsentrasjonene som er observert i grunnen (område A2) slik de ligger, ikke utgjør noen stor trussel for miljøsituasjonen i Tista og dens munningsområde.

Summary

Title: Investigations on possible leakage of contaminants from land where impregnation industry was formerly located to the river Tista (Norway) and its outlet to the sea.

Year: 2003.

Author: John Arthur Berge.

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: 82-577-4303-8

Norske Skogindustrier ASA possesses land at the outlet of the river Tista in Halden (Norway). Wood-impregnation was formerly performed on this land. Investigations have revealed that the soil in parts of the area contains relatively high concentrations of chromium (Cr), copper (Cu) and arsenic (As) from pressure impregnation (CCA-impregnation) of wood and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) from creosote impregnation.

NIVA was contracted by Norske Skogindustrier ASA to perform investigations on the occurrence of relevant contaminants in the River Tista and in the sea at the river mouth. The objective of the investigation was to clarify to what degree leakage of contaminants from contaminated ground/soil possessed by Norske Skog ASA causes increased concentrations of As, Cu, Cr and PAH in the river and in the river mouth.

The results from analysis of water samples indicate low concentrations of As in the recipient and that there is no discernible leakage of As from the land area where impregnation industry was formerly located.

We are not certain if there is any leakage of Cr. We are, however, confident that possible leakage of this metal has not resulted in especially high concentrations in the water in the recipient and should therefore not be of much environmental significance.

The mean total concentrations of Cu in the water samples were high (markedly to extremely polluted according to Norwegian environmental quality criteria for fresh water) at all the investigated stations. The highest concentration was observed in the sea at the river mouth, especially near the location where CCA-impregnation was performed in the past. This may be a result of Cu leakage to the sea from contaminated soil or ground water, but other explanations, like resuspension of sediments containing Cu, may also be relevant. The general Cu concentration level in the river is in any case so high, that even if the concentration was reduced to the level observed upstream the property of Norske Skogindustrier ASA, the surface water would still be markedly polluted.

The results from analysis of river water indicate some leakage of soluble Cu to the river on the river stretch from station V7 to V5. This is, however, not an area where high concentrations of Cu in the soil have been observed. The source of this Cu can be leakage from contaminated soil, but can also originate from Cu-containing antifouling substances used on boats moored in the area.

The investigations do not indicate any need for special initiatives to avoid leakage of As and Cr from contaminated soil on the land possess by Norske Skogindustrier ASA to the river and the sea at the river mouth.

The results are not conclusive for Cu as the different types of results diverge. In total, we do, however, conclude that the results point in a direction of insignificant leakage of Cu to the recipient. Special

initiatives to avoid leakage of Cu from contaminated soil to the river Tista and the sea at the river mouth should therefore not be necessary.

The Cu concentrations in the water at all stations were high, but cannot be directly linked to leakage from areas where impregnation activity has been performed. It should, however, on a general basis be clarified why the water contains so much Cu.

The results do not indicate any significant leakage of PAH. We expect that the high concentration of PAH observed on land (area A2), do not constitute a significant threat to the environment in the river Tista and its river mouth.

Low concentrations of Cu, As, Cr (insignificantly to moderately polluted) were observed in the surface sediment in the sea near the area where CCA-impregnation took place in the past. Possible recent leakage from land has thus not resulted in high concentrations in sediments.

1. Innledning

Ved utløpet av Tista i Halden har Norske Skog ASA en eiendom der det tidligere har vært drevet impregnering av trevirke. Scandiaconsult AS har påvist at grunnen i området inneholder varierende konsentrasjoner av krom (Cr), kobber (Cu) og arsen (As) som stammer fra trykkimpregneringsprosessen (Grini, m.fl., 2002). Det er også påvist noe kreosot fra kreosotimpregnering. Impregneringsverket har vært lokalisert på to områder. I perioden 1937-51 lå verket ved elven ca. 500 m oppover fra Tistas munning, mens det i perioden 1951-1989 lå ved fjorden ca. 200 m fra Tistas munning. Forurensningen skyldes i hovedsak drypptørking av impregnert trevirke og tilførsler fra selve impregneringsverkene.

Undersøkelsene som ble gjennomført av Scandiaconsult AS, omfattet også beregning av miljøgift-konsentrasjoner i resipienten (vann) samt reelle målinger av de samme forbindelser (As, Cu og Cr) i vann på syv utvalgte punkter fra impregneringsverket og oppover Tista. Det ble også gjort målinger av miljøgifter i sediment i sjøen. Resultatene fra de reelle målinger tyder på:

- Lave konsentrasjoner av As i vann (tilstandsklasse I), tildels meget lavere enn beregnede konsentrasjoner for området utenfor impregneringsverket ved sjøen.
- Sedimentet utenfor impregneringsverket ved sjøen var markert forurensset med stoffer som kan knyttes til impregneringsverket (As, Cu), men det ble også funnet høye konsentrasjoner av stoffer som ikke er brukt til treimpregnering (blant annet Hg, Ni, Zn, Pb, TBT, PCB).
- Generelt høye konsentrasjoner av Cu i vann (tilstandsklasse IV/III). Tilsvarende høye konsentrasjoner ble også observert på en kontroll-lokalitet i Tista ovenfor de arealer som en skulle forvente var påvirket av forurensninger fra de tidligere impregneringsverkene. Også for Cu var de reelle målinger fra området utenfor impregneringsverket ved sjøen lavere enn beregnet.
- Sannsynligvis lave/moderate konsentrasjoner av Cr ($<1\text{--}0.5\text{ }\mu\text{g/l}$) i Tista og noe høyere konsentrasjoner i sjøen utenfor impregneringsverket ved sjøen ($<0.5\text{--}2.1\text{ }\mu\text{g/l}$).
- Relativt høye nivåer av arsen ble observert i ved Tista (A1, A2) og i område B ved fjorden, mens det kun ble påvist høye konsentrasjoner av Cu og Cr i jord ved impregneringsverket ved fjorden.

Scandiaconsult AS konkluderer med at den vannkvaliteten som er observert for As tilsier at det ikke er behov for tiltak som retter seg mot As-forurensningen på land. Derimot var de beregnete konsentrasjonene (grunnvannsdata) for vann i resipienten såpass høye at tiltak kunne være nødvendig.

For å få et bedre grunnlag for å vurdere behovet for tiltak for å hindre en utlekking av forurensninger fra grunnen, har Norske Skog i brev av 26/05-02 bedt NIVA om å foreta undersøkelser av forekomst av Cu, As, Cr og tjærestoffer i Tista og dens muningsområde.

Målsettingen for undersøkelsen er:

Avklare i hvilken grad det opptrer overkonsentrasjoner av As, Cu, Cr og PAH i vann i nederste del av Tista og dens munning som skyldes utlekking fra forurensset grunn på Norske Skogs eiendommer i området.

2. Materiale og metode

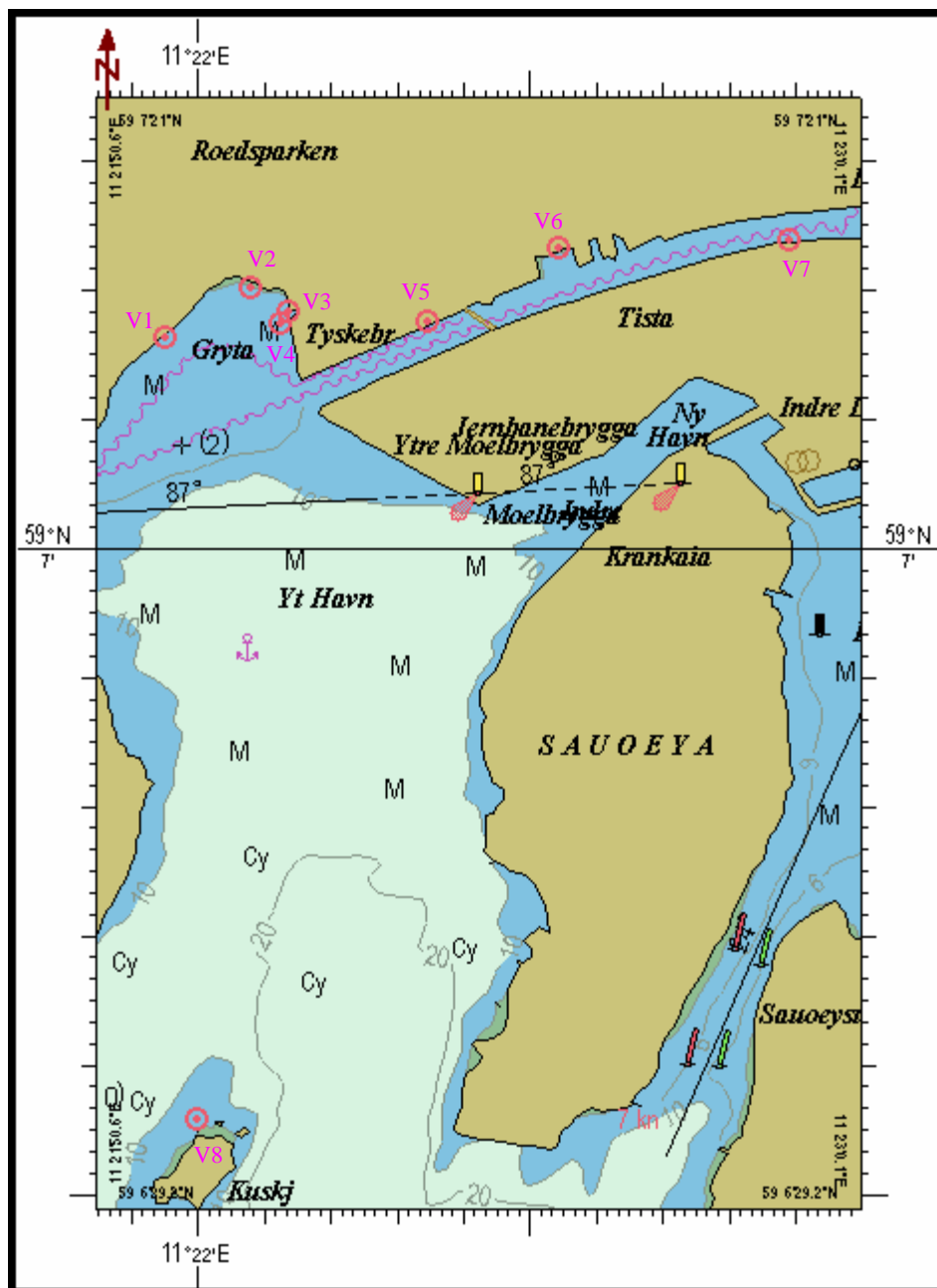
I de undersøkelser som er gjennomført har vi i hovedsak konsentrert oss om undersøkelser i vann. Vi har imidlertid også undersøkt overflatesediment i sjø rett utenfor området ved sjøen der det tidligere har vært drevet CCA-impregnering for å belyse eventuelle nåtidige tilførsler. Undersøkelsene av vannet i Tista og dens munningsområde omfatter direkte målinger av metaller i vann som gir øyeblikksbilder, og bruk av passive prøvetakere som gir et tidsintegrert bilde av eksponeringen i undersøkelsesperioden.

Innholdet av metaller i organismer (eksempelvis blåskjell i saltvann og vannmose i ferskvann) kan brukes som en indikator på metallbelastning (biomonitor). Norske Skog oppgir at det fra SFTs side har vært foreslått å bruke vannmose for å studere eventuelt sig fra den forurensede grunnen nederst i Tista. En befaring i området før prosjektstart viste at det var meget sparsomt med egnede organismer i hele det aktuelle undersøkelsesområdet. Dette antas å skyldes saltstress og høy turbiditet. En antar derfor at overflatevannet er for ferskt til at blåskjell skal trives, og muligens for mye salt og partikkelpåvirket for at vannmose skal trives. En har derfor valgt ikke å benytte indikatororganismer i undersøkelsen og har istedet brukt passive prøvetakere (se kapitel 2.4 og 2.5).

2.1 Stasjoner

Prøver ble innsamlet i sjø (V1-V4) og i Tista (V5-V7) (**Figur 1**). I tillegg ble det innsamlet prøver på en lokal kontrollstasjon i sjøen (V8) ved Kuskjær (**Figur 1**). V1-V6 er de samme stasjoner som tidligere er benyttet av Scandiaconsult (Grini, m.fl., 2002). En stasjon V7 ble plassert oppstrøms de forurensede arealer og har en noe annen posisjon enn tilsvarende stasjon benyttet av Scandiaconsult. V8 ble ikke benyttet av Scandiaconsult.

Alt feltarbeidet ble gjennomført fra en mindre båt.



Figur 1. Stasjoner i nedere del av Tista (V5, V6, V7) og i sjøområdet utenfor (V1, V2, 3, V4, V8).

2.2 Vannprøver

Analyse av As, Cu og Cr ble foretatt på prøver fra alle 8 stasjoner. Innsamling ble foretatt 5 ganger over en periode på ca. 1 måned (se **Tabell 1**). Vannprøvene ble tatt på ca. 1 m dyp med en Niskin vannhenter. Ca. 60 ml vann fra vannhenteren ble umiddelbart overført til en 60 ml plastflaske som på forhånd var spesialvasket for formålet og skylt to ganger med vann fra prøvetakeren. En separat prøve tappet på en 60 ml plastflaske ble benyttet for bestemmelse av ledningsevne.

Tabell 1. Oversikt over tidspunkt for innsamling av vannprøver (V), sedimentprøver (S), samt utsetting og opptak av passive prøvetagere (SPMD, DGT) på de ulike stasjoner.

Stasjon	19/09-02	26/09-02	03/10-02	09/10-02	17/10-02
V1	V, DGT satt ut	V, S	V	V	V, DGT tatt opp
V2	V	V	V	V	V
V3	V	V	V	V	V
V4	V	V	V	V	V
V5	V, DGT og SPMD satt ut	V	V	V	V, DGT og SPMD tatt opp
V6	V	V	V	V	V
V7	V, DGT og SPMD satt ut	V	V	V	V, DGT og SPMD tatt opp
V8	V, DGT og SPMD satt ut	V	V	V	V, DGT og SPMD tatt opp

2.3 Analyse av metaller i sediment

Sedimentanalysene som ble gjennomført av Scandiaconsult ble gjort på sediment fra 0-0.5 m og representerer derfor tilførsler som har foregått over meget lang tid hvor mulig kilder kan være fra både impregneringsvirksomheten og andre former for aktiviteter. Vi anså det derfor av størst interesse å belyse eventuelle konsekvenser i sjøen av nåtidige tilførsler av forbindelser som kan knyttes til den tidligere virksomheten på eiendommen der det har vært drevet impregneringsverk.

Sedimentanalyser (As, Cu, Cr) ble derfor utført på en blandprøve bestående av overflatesediment (0-2 cm) fra 3 prøver tatt omtrent ved V1 (**Figur 1**), dvs. rett utenfor impregneringsverket. Sedimentprøvene ble tatt ved hjelp av en liten van Veen grabb.

2.4 Utsetting av passive prøvetakere (DGTer) for opptak av metaller

En DGT (Diffusion Gradients in Thin films) er en passiv prøvetaker som blant annet er egnet for prøvetaking av metaller i vann. Gjennombruddet for passiv prøvetaking av ioner i vann kom i 1995, da en gruppe ved Universitetet i Lancaster (William Davison og Hao Zhang) utviklet en diffusjonsbasert passiv prøvetaker for tungmetall-ioner i vann. I prøvetakeren benyttes en patentert gel som diffusjonsbarriere for ionene. Ionene fanges opp av en adsorbent (Chelex ionebytter) som har sterk evne til å fange opp tungmetaller selv i vann med høyt saltinnhold (opptil fullt sjøvann). Den fungerer best for de klassiske tungmetallene Pb, Cd, Cu, Zn, Co, Ni, Mn og Al, og noe mer kvalitativt for Fe, Cr og V. DGTer kan ikke brukes for As, da dette elementet ikke opptrer som en kationisk forbindelse i vann. Opptaket i en DGT styres av konsentrasjonsforskjellen i vannet på utsiden av membranen og en adsorbent (ionebytter i gel) på innsiden. Etter eksponering løses tungmetallene ut fra adsorbenten og bestemmes med klassisk ICPMS (ICP-Plasma-MasseSpektrometri). Middel-konsentrasjonen over prøvetakingstiden beregnes ut fra den mengde som er fanget opp. Dette gjøres basert på et sett med diffusjons-koeffisienter som er utviklet av NIVA, tilpasset denne prøvetakeren og som samtidig korrigeres det for temperatur.

Den vanligste eksponeringstiden er fra noen dager til en måned. Prøvetakeren integrerer over den tiden den står ute i vann og måler en gjennomsnittlig konsentrasjon i prøvetakingsperioden. DGTene er selektive overfor frie, "labile" metallioner, dvs. at metaller i kolloider, partikler og humuskomplekser ikke fanges opp.

DGTer ble utplassert i vannet på fire lokaliteter (V1, V5, V7, V8) i området (se **Figur 1, Tabell 1**), dvs. de samme lokaliteter som for SPMDer og en lokalitet utenfor impregneringsverket (V1).

DGT-riggene ble hengt ute på ca. 1 m dyp i ca. 1 måned. På hver lokalitet ble det hengt ut 1 DGT. DGTene ble analysert med hovedvekt på Cu og Cr, men resultater fra en rekke andre elementer kom også ut. Disse elementene er ikke tatt med i vurderingene i denne sammenheng, men resultatene er likevel presentert for eventuelle annen bruk i vedlegg D.

2.5 Passive prøvetakere (SPMDer) for opptak av forbindelser fra kreosot

Mange organiske miljøgifter er løselige i fett. En type passive prøvetakere som benevnes som SPMDer (Semi Permeable Membran Devices) benytter seg av denne egenskapen. En SPMD består av en tynn pølseformet membran fylt med en olje. Membranen har porer som slipper gjennom miljøgifter som er løst i vannet. Oljen tar opp og lagrer mange typer organiske forbindelser. Etter at ekstraksjons-pølsene har hengt ute en uke til en måned i det vannet man vil teste, kan oljen analyseres for aktuelle miljøgifter. Metoden er egnet for å belyse relativ forekomst av fettløselige miljøgifter som PAH i vann. PAH er en av hovedbestanddelene i kreosot. SPMD gir et bilde av gjennomsnittlig miljøgiftinnhold i vannet i måleperioden, og metoden har vist seg særlig egnet for å indikere diffuse kilder som avrenning fra forurenset grunn og strandkantdeponier.

SPMDer ble plassert ut i vannet på tre lokaliteter i området.

1. Nedenfor jernbanebrua i Tista (V5). Dette gjøres for å fange opp utlekking fra forurenset grunn (område A-1 og A-2) lenger opp i Tista.
2. Oppstrøms PAH-forurenset grunn ved Tista (V7). Kontroll-lokalitet i Tista.
3. Ved Kuskjær (V8, se **Figur 1**). Kontroll-lokalitet i sjø.

I et område som Tistas munning må en regne med flere diffuse PAH-kilder. Kontroll-lokalitetene er lagt inn som en lokal referanse som skal belyse slike generelle diffuse tilførsler. Dersom det observeres høyere PAH-konsentrasjoner i SPMDer fra V5 enn fra V7, er dette en indikasjon på tilførsel av PAH på elvestrekningen mellom de to stasjonene.

I hver SPMD-rigg ble det plassert 2 SPMDer (kun én ble analysert). Hver rigg hang ute i ca. 1 måned (**Tabell 1**). En SPMD ble benyttet som luftkontroll. Luftkontrollen har ikke stått i vann, men er ellers behandlet som de øvrige 3 SPMDer. Resultatene fra luftkontrollen gir en indikasjon om SPMDene har tatt opp PAH-forbindelser fra luften eller fra andre kilder under selve håndteringen av enhetene.

2.6 Analyser

Alle analyser ble foretatt av NIVA. En oversikt over analysemetodene ses i kapitel 6. Vedlegg B.

3. Resultater og diskusjon

3.1 Krom, kobber og arsen i vannprøver

Gjennomsnittlige konsentrasjoner av Cu, Cr, og As i analyserte vannprøver på de 8 stasjoner ses i **Tabell 2**. Rådata for de enkelte målinger finnes i Vedlegg C. Konsentrasjonen av As lå under deteksjonsgrensen i alle analyserte prøver. Deteksjonsgrensen var imidlertid så lav at alle prøver kunne karakteriseres som ubetydelig forurensset (klasse I) ifølge SFTs klassifiseringssystem for kystvann (Molvær et al., 1997). Det er derfor ingen ting som tyder at det lekker ut merkbare mengder med As fra områder der det tidligere er drevet impregneringsvirksomhet. Også tidligere vannanalyser tyder på at en i Tista og dens munningsområde har lave konsentrasjoner med As (Grini et al., 2002). Midlere arsenkonsentrasjoner i vannprøver fra V1 ved (dvs. rett utenfor CCA verket) var imidlertid langt lavere enn det som tidligere er beregnet for resipienten (dvs. 600 µg/l) av Scandiaconsult AS (Grini et al., 2002).

Konsentrasjonen av Cr lå også under deteksjonsgrensen i alle analyserte prøver. Deteksjonsgrensen (1 µg/l) var imidlertid noe høyere enn øvre grense for tilstandsklasse I i SFTs klassifiseringssystem (0.2 µg/l), men lå innenfor grensene for klasse II (0,2-2,5 µg/l) for ferskvann. En kan derfor konkludere med at vannet på alle stasjoner i verste fall kan karakteriseres som moderat forurensset med Cr. Vi kan ikke med sikkerhet si om det lekker ut Cr fra grunnen der det tidligere har vært drevet impregneringsvirksomhet, men hvis så er tilfelle, gir dette ikke opphav til spesielt høye konsentrasjoner i Tista eller i sjøområdet utenfor.

Konsentrasjonen av Cu var relativt høy (klasse III-V på gjennomsnittsbasis) på alle stasjoner (**Tabell 2**). De observerte konsentrasjoner lå på samme nivå eller noe høyere enn det som ble observert av Scandiaconsult AS (Grini et al., 2002) i samme område. Midlere kobberkonsentrasjoner i vannprøver fra V1 (dvs. rett utenfor CCA verket) var noe lavere enn det som tidligere er beregnet for resipienten på samme sted (dvs. 20 µg/l) av Scandiaconsult AS (Grini et al., 2002).

Nederst i Glomma er det observert en Cu-konsentrasjon på ca. 1,6 µg/l (Aud Helland, upubliserte data), altså klart lavere enn det som her rapporteres for Tista.

I hovedsak lå konsentrasjonen av Cu i sjøvann fra munningsområdet (V1, V2, V3, V4, V8) høyere enn i selve Tista (V5, V6, V7) (se **Tabell 3**, **Figur 2**, **Tabell 4**). Den høyeste gjennomsnittskonsentrasjonen av Cu ble observert i sjøområdet ved V1 dvs. rett utenfor CCA-impregneringsverket hvor det på to tidspunkt ble observert meget forskjellige konsentrasjoner av Cu i grunnvannet (henholdsvis 15900 og 5 µg/l) (Grini et al., 2002), mens den laveste konsentrasjonen ble observert i Tista (V6).

Ut fra vannanalysene er det vanskelig å si noe om det lekker ut Cu fra grunnen til Tista. Det er relativt liten forskjell i konsentrasjonen mellom V7 (oppstrøms områdene hvor det har vært drevet impregneringsvirksomhet) og V5 lengre ned i Tista (forskjell: 0.12 µg/l). Dette tyder på at det ikke blir tilført vesentlig med Cu på elvestrekningen mellom disse (dvs. fra område A1 og A2).







Det var imidlertid gjennomgående en klart høyere gjennomsnittlig konsentrasjon (74-89%) i sjøen (V1, V2, V3, V4) enn i elven (V5, V6, V7) (**Tabell 4**). Samtidig er også gjennomsnittskonsentrasjonen for stasjonene i sjøen (V1, V2, V3, V4) for 4 av 5 tidspunkt høyere enn på den mer fjerntliggende kontrollstasjonen i sjø (V8). Dette kan tyde på at det er en viss tilførsel av Cu til sjøområdet ved Tistas munning. Utlekking fra grunnen til Norske Skog (eksempelvis fra tomte til CCA-verket på område B) er en sannsynlig årsak, men også andre forklaringsmodeller kan tenkes, eksempelvis mer oppvirvling av Cu-holdig partikulært materiale i sjø i forhold til elv pga. bølge-

bevegelse. Det må imidlertid, uansett årsak, presiseres at konsentrasjonsnivået i selve Tista ovenfor impregneringstomtene også er markert til sterkt forurensset med Cu.

De generellt høye Cu-konsentrasjonene som ble observert i vann er bekymringsfulle i forhold til grenseverdier for mulige effekter på organismer (**Tabell 5**).

Tabell 2. Gjennomsnittlig konsentrasjon av kobber (Cu), arsen (As) og krom (Cr) i vann på 8 stasjoner i Tista og dens munningsområde. Gjennomsnittet er basert på 5 ukentlige målinger i perioden 19/09-02 til 17/10-02. Data for Cu og Cr fra de enkelte stasjoner er klassifisert i følge SFTs klassifiseringssystem for ferskvann (Andersen et al., 1997), mens data for As er klassifisert ifølge SFTs klassifiseringssystem for kystvann (Molvær et al., 1997).

Fargekoder brukt på ulike tilstandsklasser i tabellen:

 I. Ubetydelig/ lite forurensset	 II. Moderat forurensset	 III. Markert forurensset	 IV. Sterkt forurensset
 V. Meget sterkt forurensset	 Ikke i klassifiseringssystem/ kan ikke klassifiseres		

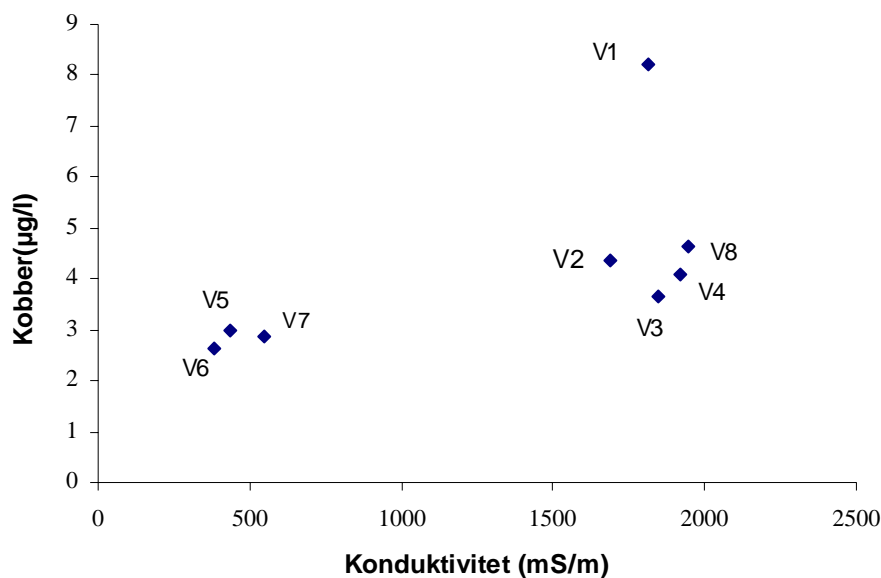
Stasjon	Konduktivitet (mS/m)	Cu (µg/l)	As (µg/l)	Cr (µg/l)
V 1	1814,6	8,216	<0.5	<1
V 2	1688,6	4,366	<0.5	<1
V 3	1847,2	3,662	<0.5	<1
V 4	1922,8	4,07	<0.5	<1
V 5	435,6	2,972	<0.5	<1
V 6	379,6	2,634	<0.5	<1
V 7	545,4	2,852	<0.5	<1
V 8	1947	4,628	<0.5	<1

Tabell 3. Konsentrasjonen av kobber i vann på 8 stasjoner i Tista og dens munningsområde på 5 forskjellige tidspunkt høsten 2001. Enhet: µg Cu/l.

Stasjon		19/09-02	26/09-02	03/10-02	09/10-02	17/10-02
V 1	I sjø	17,7	3,1	10,6	3,53	6,15
V 2	I sjø	4,35	3,67	4,31	3,09	6,41
V 3	I sjø	3,64	4,26	3,42	3,17	3,82
V 4	I sjø	3,16	3,32	6,78	3,24	3,85
V 5	I Tista	4,26	2,7	3,18	2,32	2,4
V 6	I Tista	2,8	3,25	2,37	2,26	2,49
V 7	I Tista oppstrøms	3	3	2,56	2,46	3,24
V 8	I sjø (lokal kontroll)	8,1	3,36	4,35	3,46	3,87

Tabell 4. Konsentrasjonen av kobber i sjø (middel av V1-V4), elv (middel av V5-V7) og kontrollstasjon i sjø (V8). Prosentvis økning i sjøvann i forhold til konsentrasjonen i elvevann og kontrollstasjon i sjø er også vist.

Stasjon	Sjø (µg/l)	Elv (µg/l)	Kontroll i sjø (V 8) (µg/l)	Økning i sjø i forhold til elv (%)	Økning i sjø i forhold til V8 (%)
19/09-02	5,4	3,2	8,1	70,4	-85,2
26/09-02	4,9	2,8	3,4	73,5	55,3
03/10-02	4,8	2,5	4,4	88,8	16,5
09/10-02	4,2	2,5	3,5	64,4	27,6
17/10-02	5,1	2,7	3,9	86,6	43,8



Figur 2. Gjennomsnittlig konsentrasjon av kobber på 8 stasjoner i Tista og dens munningsområde som funksjon av gjennomsnittlig konduktivitet.

Tabell 5. EPAs (US-Environmental Protection Agency) vannkvalitetskriterier for kvikksølv, bly og kadmium (kilde: EPAs vannkvalitetskriterier referert i Neff, 2002, Tabell 30).

Metall	Kriterier for vann (akutte eksponering) (µg/l)	Kriterier for vann (kroniske eksponering) (µg/l)
Cu	4,8	3,1

3.2 Kobber og krom i DGTer

På basis av analyser av DGTer er konsentrasjonen av en rekke elementer beregnet (se kapittel 6.Vedlegg D.). I denne sammenhengen er imidlertid kun konsentrasjonen av Cr og Cu vurdert.

Analysene tyder på at konsentrasjonen av løst Cr i vannet var relativt lavt og under 1 µg/l (**Tabell 6**).

Konsentrasjonen av løst Cu lå i området 0,2-0,4 µg/l og var altså i hovedsak ca. 2,5 -14 % av den totale mengden (løst og partikulært) som ble analysert fra vannprøvene (**Tabell 2**). Dette kan tyde på at en betydelig del av Cu konsentrasjonen som ble observert i vannprøvene foreligger bundet til partikulært materiale.

Konsentrasjonen av løst Cu på V5 var 0,13 µg/l høyere enn på V7 og antyder en viss tilførsel av løst Cu på elvestrekningen mellom disse stasjoner. Tilførslen bidrar imidlertid ubetydelig (ca. 4 %) til den totale Cu-konsentrasjonen i Tista. Forskjellen mellom den totale Cu-konsentrasjonen i vann på V5 og V7, basert på analyse av vannprøver (**Tabell 2**), var 0,12 µg/l, dvs. nær identisk med det som ble observert basert på analyse av passiv prøvetager (**Tabell 6**). Totalt tyder resultatene på en svak tilførsel av løst Cu på elvestrekningen fra V7 til V5. Kilden til dette kobberet kan være utlekking fra grunnen, men kan også komme fra bunnstoff på båter som lå fortøyd på denne elvestrekningen. DGT-analysene viste lavere Cu-konsentrasjoner på V1 enn i elven (V5, V7) og på den lokale kontrollstasjonen i sjø (V8) (**Tabell 6**). Dette tyder på at det ikke er noen vesentlig tilførsel av løst Cu til sjøen i området der CCA-verket tidligere har ligget (dvs. på land rett ved V1). På den annen side er det observert høyere total Cu-konsentrasjoner i sjøområdet (V1, V2, V3, V4) enn i elven (V5, V6, V7) (**Tabell 4**), og vi antydte i kapittel 3.1 at dette kunne tyde på en viss tilførsel av Cu til sjøområdet ved Tistas munning (område B). Observasjoner av totalmengde Cu og løst Cu gir derfor ikke det samme bilde når det gjelder eventuelle tilførsler av Cu til sjøområdet ved Tista. Vi har ikke noen fullgod forklaring på dette.

Tabell 6. Krom (Cr) og kobber (Cu) i vann basert på analyse av DGT. Alle konsentrasjoner er oppgitt som µg metall/l.

Stasjon	V1	V5	V7	V8	V5-V7	V1-V7	V7-V8
Cr	<1	<1	<1	<1			
Cu	0,20	0,42	0,29	0,29	0,13	-0,09	0

3.3 PAH i SPMDer

Kreosot har vært benyttet i treimpregneringsindustrien siden før 1900. Det finnes forskjellige typer kreosot, avhengig av hvilke destillasjonsintervaller som tas ut. Kreosot inneholder en rekke forskjellige organiske stoffer. I miljøsammenheng har en spesielt vært opptatt av innholdet av polysykliske hydrokarboner (PAH) i kreosot. Benzo[a]pyren (BAP) er et av flere PAH-forbindelser som finnes i kreosot. PAB er bioakkumulerbart og har kreftfremkallende egenskaper. I forbindelse med denne undersøkelse har en analysert for 23 ulike forbindelser (rådata for enkeltkomponenter ses i kapittel 6.Vedlegg E.).

SPMDer ble utplassert i Tista oppstrøms et område hvor det har vært drevet treimpregneringsindustri (V7) og i Tista nedstrøms dette område (V5). Det ble også utplassert en SPMD-rigg på en lokal kontroll-lokalitet i sjøen (V8). I tillegg til analyse av de tre SPMDer som har stått ute i vann har en også analysert en såkalt luftkontroll (se kapittel 2.5).

Dersom det observeres høyere PAH-konsentrasjoner i SPMDer utplassert ved V5 enn ved V7, er dette en indikasjon på tilførsel av PAH-forbindelser på elvestrekningen mellom V5 og V7. Resultatene tyder ikke på høyere konsentrasjoner ved V5 enn ved V7 (**Tabell 7**). Rådata for enkeltkomponenter ses i kapittel 6.Vedlegg E.). Det er heller ikke observert høyere konsentrasjoner ved V5 enn ved kontrollstasjonen i sjøen. Med forbehold om at SPMDene i hovedsak tar opp løste forbindelser, tyder

resultatene derfor ikke på noen tydelig utlekking av PAH-forbindelser fra området langs Tista (oppgitt som område A2 i rapporten til Scandiaconsult). En antar derfor at de høye PAH-konsentrasjonene som er observert i grunnen i område i dette området, slik de ligger, ikke utgjør noen stor trussel for miljøsituasjonen i Tista og dens munningsområde.

Tabell 7. Konsentrasjonen av PAH i SPMDer utplassert i ca 1 måned på 2 stasjoner i Tista (V5, V7) og på en lokal kontrollstasjon i sjøen i Tistas munningsområde (V8). Alle SPMDer ble utplassert på ca. 1 m dyp. Resultater fra PAH-analyse av luftkontroll er også vist. Enhet: ng/SPMD.

Stasjon	V5	V7	V8	Luft kontroll	V5-V7	V5-V8
Sum* PAH	802	940	975	54	-138	-173

* Her oppgitt som sum av konsentrasjon av følgende enkeltkomponenter: Bifenyl, 2,6-Dimetylnaftalen, Acenaftalen, Acenaften, 2,3,5-Trimetylnaftalen, Fluoren, Fenantren, Antracen, 1-Metylfenantren, Fluoranten, Pyren, Benz(a)antracen, Chrysen+trifenylen, Benzo(b+j,k)fluoranten, Benzo(e)pyren, Benzo(a)pyren, Perylen, Indeno(1,2,3cd)pyren, Dibenz(a,c/a,h)antracen, Benzo(ghi)perylene.

3.4 Krom , kobber og arsen i sediment

Sedimentet som ble analysert hadde et relativt høyt vanninnhold (**Tabell 8**) og var relativt finkornig ut fra observasjoner gjort under selve prøvetakingen. Dette tyder på at en har akkumulasjonsbunn på stedet.

Det ble observert relativt lave metallkonsentrasjoner (ubetydelig til moderat forurensset) i overflatesedimentet i sjøen utenfor tomten der det i perioden 1951-1989 ble drevet impregneringsverk (**Tabell 8**). De relativt lave konsentrasjoner som er observert tyder på at sedimenterende materiale idag inneholder moderate konsentrasjoner. Tidligere undersøkelser i området tyder på at dypereliggende sediment inneholder langt høyere konsentrasjoner enn det som er observert i overflatesedimentet i denne undersøkelse. Resultatene tyder på at det idag ikke lekker ut As, Cr og Cu som gir opphav til vesentlig forhøyede konsentrasjoner i sedimentet.

Tabell 8. Konsentrasjonen av arsen (As), krom (Cr) og kobber (Cu) i sediment på stasjon V1. Data for konsentrasjonen av As, Cr og Cu i sediment er klassifisert ifølge SFTs klassifiseringssystem for kystvann (Molvær et al., 1997).

Parameter	TTS (%)	As (µg/g t.s.)	Cr (µg/g t.s.)	Cu (µg/g t.s.)
Stasjon				
V1	13,7	43	53,5	109

4. Avsluttende kommentarer

Resultatene fra denne undersøkelsen tyder på lave konsentrasjoner av arsen (As) og krom (Cr) i vann og overflatesediment. Dette indikerer at en ikke har noen betydelig utlekking av disse forbindelser fra eiendommen til Norske Skog, og det er derfor heller ikke behov for spesielle tiltak for å hindre utlekking av As og Cr. Det ser heller ikke ut til at det er noen betydelig utlekking av løst PAH til Tista på elvestrekningen fra V5 til V7. Det er derfor ikke behov for tiltak mot utlekking av PAH. Det må imidlertid bemerkes at datagrunnlaget bak konklusjonene vedrørende arsen og krom er lang bedre enn for PAH, blant annet fordi PAH-analysene basert på bruk av SPMDer ikke fanger opp partikulært bundet PAH. Det må også nevnes at undersøkelsene som er gjennomført i hovedsak ville ha fanget opp eventuell utlekking av PAH til Tista, mens en eventuell utlekking direkte til sjø i området der stasjonene V1-V4 ligger, ikke er belyst fordi arealene i dette området (område B ifølge undersøkelsene til Scandiaconsult) er lite forurensset med PAH fra impregneringsvirksomhet.

For Cu er situasjonen noe mer uavklart. Hovedbildet er at både Tista og sjøen utenfor er relativt sterkt Cu-påvirket. Kilden til dette kobberet er imidlertid ikke avdekket. Det er dog fra DGT-analysene indikasjoner på at noe løst Cu tilføres Tista på elvestrekningen mellom V5 og V7. Dette er imidlertid områder hvor en ikke har avdekket spesielt høye konsentrasjoner av Cu i grunnen. Vi har derfor vurdert andre potensielle kilder på elvestrekningen. I innsamlingsperioden lå det en del mindre båter fortøyd (opptil ca. 10 båtplasser) der, og en stor del av disse bruker sannsynligvis Cu-holdig bunnstoff. Utlekking fra dette kan være en alternativ forklaring på at en observerte noe høyere konsentrasjoner av løst Cu ved V5 enn ved V7. Også beregnede konsentrasjoner av den løste fraksjonen av en rekke andre elementer enn Cu var, av ukjente grunner, høyere på stasjon V5 enn V7 (se vedlegg D). Dette bidrar til at en er ytterligere mer tilbakeholden med å konkludere at en har en utlekking av Cu på elvestrekningen mellom disse stasjoner som kan knyttes direkte til impregneringsvirksomheten.

Området ved CCA-verket er den mest åpenbare kilden til eventuell spredning av Cu til sjøen. Det ble også observert klart høyere konsentrasjoner i sjøen enn i selve Tista. Dette kan selvfølgelig skyldes utlekking fra den tildels sterkt Cu-forurensede grunnen ved CCA-verket. Vi vil imidlertid anta at slik utlekking i noen grad også vil skje som løst Cu. DGT-resultatene tyder imidlertid ikke på utlekking av løst Cu. Vi har også vurdert om det finnes andre forklaringer enn utlekking. Konsentrasjonen av Cu i sedimentet ved V1 var relativt lavt (109 µg/g). Dersom vann fra Tista (V7) tilføres 50 mg/l suspendert sediment, vil konsentrasjonsnivået (gjennomsnittsbasis) som er observert i vann fra området utenfor CCA-verket (V1) nås. Et partikkelinnhold på 50 mg/l er imidlertid relativt mye. En økt resuspensjon av Cu-holdig sediment i munningsområdet som gir høyere total Cu-konsentrasjon i vannprøvene, kan derfor sannsynligvis bare være en medvirkende forklaring på at konsentrasjonen av Cu i sjøen nær land er høyere enn i Tista. Det må imidlertid, uansett årsak, presiseres at Cu-nivået i Tista er såpass høyt at en, selv om en reduserte konsentrasjonsnivået til det som er observert ved V7 i Tista, ville overflatevannet i munningsområdet fremdeles være sterkt til meget sterkt forurensset med Cu.

Konsentrasjonen av både Cu, As og Cr i overflatesedimentet ved CCA-verket var relativt lave og viser at en eventuell utlekking ikke har gitt opphav til spesielt høye konsentrasjoner i sedimentet.

Vi har tidligere konkludert med at det idag ikke er behov for spesielle tiltak for å hindre en utlekking av As og Cr. Situasjonen er imidlertid mer uavklart når det gjelder Cu. Resultatene spriker noe, men går etter vår oppfatning i retning av at resipienten tilføres begrensede mengder Cu som kan knyttes direkte til tidligere impregneringsvirksomhet på eiendommen til Norske Skog.

Ut fra en totalvurdering er det derfor heller ikke behov for isolerte tiltak for å hindre utlekking av Cu fra dette området. Cu-konsentrasjonen i vannet er imidlertid generelt høyt, uten at dette kan knyttes

direkte til tidligere impregneringsvirksomhet. På generelt grunnlag bør det derfor avklares hvorfor en har et høyt innhold av Cu i vannet i hele området. Tidligere tiders utslipp av kisaske kan være en mulig forklaring.

Undersøkelsen er gjennomført i en periode med relativt lite nedbør. I perioder med stor nedbør kan det tenkes en større transport av forurensninger gjennom grunnen ut til elv eller sjø enn det disse vannanalyser har avdekket. Resultatene fra sedimentanalysene, som vil fange opp akkumulerte tilførsler av partikulært bundne forurensninger, tyder imidlertid ikke på noen betydelig akkumulering av Cr, As og Cu i sjøområdet lokalt.

Dersom det foretas større gravearbeider på eiendommen som gir økt erosjon og sig av vann gjennom forurenset grunn, kan dette gi en forverret miljøsituasjon lokalt. Ved en omdisponering av eiendommen som medfører heving av terrengnivå ved oppfylling, er det imidlertid lite sannsynlig at en vil få noen økt tilførsel av miljøgifter til resipienten.

5. Referanser

Grini, R.S., Mengshoel, P.O. og Moseid, M., 2002. Norske Skog ASA, Saugbrugs disponering av områder ved utløpet av Tista. Risikovurdering. Rapport fra Scandiaconsult nr. 4 rev.01 (oppdrag nr. 600440B), 21 sider + vedlegg.

Neff, J.M., 2002. Bioaccumulation in marine organisms, Effects of contaminants from oil well produced water. Elsevier, 452s, ISBN 0-080-43716-8.

6. Vedlegg

Vedlegg A. Stasjonsposisjoner-GPS

Stasjon	Nord	Øst
V1	59°07.161'N	11°21.962'E
V2	59°07.199'N	11°22.091'E
V3	59°07.180'N	11°22.155'E
V4	59°07.172'N	11°22.136'E
V5	59°07.174'N	11°22.358'E
V6	59°07.230'N	11°22.556'E
V7	59°07.237'N	11°22.904'E
V8	59°06.556'N	11°22.012'E

Vedlegg B. Kjemiske analysemetoder

Forbindelse	Forbehandling/Oppslutningsmetode etc.	Analysemetode
As, Cu og Cr i vannprøve	Surgjøring med salpetersyre.	<u>ICP-MS¹</u> Prøver konserverert med salpetersyre introduseres med en peristaltisk pumpe og overføres til en aerosol i forstøveren. Denne blir ført til argonplasmaet som atomiserer og ioniserer prøven. Etter plasmaet passerer prøven to seriekoblede koner i et område med redusert trykk hvor plasmagassen fjernes. Ionestrømmen fokuseres med en elektrisk ionelinse før den introduseres til det kvadрупole massespektrometeret for separasjon basert på masse/ladningsforholdet. Ionene måles med en pulstellingsdetektor basert på en diskret dynode multiplikator. (NIVA interne analysemetode E 8-3).
Cu og Cr i DGT	I felt fanges ionene opp av en adsorbent (Chelex ionebytter). Etter eksponering løses tungmetallene ut fra absorbenten og bestemmes med ICP-MS.	<u>ICP-MS (ICP-Plasma-MasseSpektrometri)</u> Middel-konsentrasjonen over prøvetrakingstiden beregnes ut fra den mengde som er fanget opp. Dette gjøres basert på et sett med diffusjons-koeffisienter som er utviklet av NIVA, tilpasset denne prøvetakeren og samtidig korrigeres det for temperatur.
PAH i SPMD	SPMD tas ut av boksen og vaskes i destillert vann. SPMD tørkes med papir og overføres til et syltetøyglass. Internstandard for PAH tilsettes SPMD og 150ml diklormetan:sykloheksan 1:9. Dette står i 24 timer før løsemidlet helles av og nytt løsemiddel helles på. Står nye 24 timer, og løsemidlet skiftes på nytt. Står nye 24 timer, og det siste løsemidlet helles av og kombineres med de to første ekstraktene. Dette (ca. 450ml) dampes inn til ca. 1ml og filtreres over til en GPC-vials og fortynnes til 3ml. 2ml av dette ekstraktet gjennomgår en GPC-opprensing. Ekstraktet dampes ned til et lite volum (50-500µl) og injiseres på GC-MSD.	<u>GC/MSD²</u> Gasskromatograf med tilkoblet masse-selektiv detektor (MSD) benyttes ved PAH-analysen av ekstrakt fra SPMD. Identifisering skjer ut fra retensjonstider og signifikante ioner (SIM). Kvantifisering blir utført ved hjelp av de indre standardene. Gasskromatografen recalibreres regelmessig og blir dessuten kontrollert ved analyse av egen standard.
Cu, Cr og As i sediment	Salpetersyreoppslutning.	<u>ICP-AES³</u> . Prøvene introduseres til instrumentet med en peristaltisk pumpe koblet til en nebulizer der prøveløsningen forstøves. Vanndråpene separeres etter størrelse i et spraykammer, og den fine andelen av aerosolen transporteres til et argonplasma, der aerosolen atomiseres og ioniseres. Emisjonen fra plasmaet separeres i spektrometeret og måles med en CCD-detektor. Detektoren har et lineært område på 5 - 6 dekaner fra deteksjonsgrensen. (NIVA interne analysemetode E 9-5). (tab. forts.)

Konduktivitet	Ingen forbehandling eller oppslutning.	<u>Analyserobot</u> ⁴ Konduktiviteten måles elektrometrisk med platinaelektroder ved 25°C og angis i millisiemens pr. meter (mS/m). Avlesningen foretas automatisk når endringen i målesignal pr. tidsenhet er mindre enn en viss verdi. (NIVA interne analysemetode A 2-2).
% tørrstoff i sediment	En kjent mengde prøve tørkes til tørrhet (konstant vekt) ved 105°C, og den gjenværende rest veies.	<u>Gravimetri</u> (NIVA interne analysemetode B3).

¹ Følgende instrumentering er benyttet: Perkin-Elmer Sciex ELAN 6000 ICP-MS, utstyrt med P-E autosampler AS-90, AS-90b prøvebrett og P-E Rinsing Port Kit.

² Følgende instrumentering er benyttet: Hewlett Packard modell 5890 Series II, med column injector og HP autosampler 7673. Systemet er utstyrt med HD modell 5970 B masseselektiv detektor, og kolonne HD HP-5 MS 30 m x 0.25 mm i.d. x 0.25 µm.

³ Følgende instrumentering er benyttet: Perkin-Elmer Optima 4300 DV, Perkin-Elmer Autosampler AS 93, Hewlett Packard LaserJet 100, Polyscience Chiller (kjøler).

⁴ Måling foretas med WTW LF 539 RS konduktometer. Det benyttes en WTW LTA 1 målecelle med karkonstant ca. 1 cm⁻¹. Temperaturprobe WTW TFK 350 benyttes til temperaturkorreksjon.

Vedlegg C. Rådata - Analyser av vannprøver

Stasjon	Dato	Konduktivitet	Temp	Arsen	Krom	Kobber
		mS/m	°C	µg/l	µg/l	µg/l
		A 2		E 8-3	E 8-3	E 8-3
V 1	19/09-02	1318	18	<0,5	<1,0	17,7
V 2	19/09-02	1504		<0,5	<1,0	4,35
V 3	19/09-02	1246		<0,5	<1,0	3,64
V 4	19/09-02	1635		<0,5	<1,0	3,16
V 5	19/09-02	391	18,8	<0,5	<1,0	4,26
V 6	19/09-02	327		<0,5	<1,0	2,8
V 7	19/09-02	314	18,5	<0,5	<1,0	3
V 8	19/09-02	1557	17,3	<0,5	<1,0	8,1
V 1	26/09-02	1429	15,4	<0,5	<1,0	3,1
V 2	26/09-02	1354	15,3	<0,5	<1,0	3,67
V 3	26/09-02	1045	15,1	<0,5	<1,0	4,26
V 4	26/09-02	1066	15,3	<0,5	<1,0	3,32
V 5	26/09-02	319	16,6	<0,5	<1,0	2,7
V 6	26/09-02	338	16,5	<0,5	<1,0	3,25
V 7	26/09-02	275	16,4	<0,5	<1,0	3
V 8	26/09-02	1601	14,1	<0,5	<1,0	3,36
V 1	03/10-02	1014	13,9	<0,5	<1	106
V 2	03/10-02	1128	14,7	<0,5	<1	43,1
V 3	03/10-02	1105	14,3	<0,5	<1	34,2
V 4	03/10-02	953	14,4	<0,5	<1	67,8
V 5	03/10-02	383	16,6	<0,5	<1	31,8
V 6	03/10-02	336	16,6	<0,5	<1	23,7
V 7	03/10-02	285	16,7	<0,5	<1	25,6
V 8	03/10-02	1697	14	<0,5	<1	43,5
V 1	09/10-02	1812	12	<0,5	<1	35,3
V 2	09/10-02	1777	12,1	<0,5	<1	30,9
V 3	09/10-02	2520	12,2	<0,5	<1	31,7
V 4	09/10-02	2730	12,2	<0,5	<1	32,4
V 5	09/10-02	458	13,3	<0,5	<1	23,2
V 6	09/10-02	431	13,3	<0,5	<1	22,6
V 7	09/10-02	470	13,3	<0,5	<1	24,6
V 8	09/10-02	2360	10,2	<0,5	<1	34,6
V 1	17/10-02	3500	11	<0,5	<1	61,5
V 2	17/10-02	2680	10,2	<0,5	<1	64,1
V 3	17/10-02	3320	11,2	<0,5	<1	38,2
V 4	17/10-02	3230	11,3	<0,5	<1	38,5
V 5	17/10-02	627	8,8	<0,5	<1	24
V 6	17/10-02	466	8	<0,5	<1	24,9
V 7	17/10-02	1383	8,8	<0,5	<1	32,4
V 8	17/10-02	2520	6,6	<0,5	<1	38,7

Vedlegg D. Rådata - Metallanalyser i vann basert på analyse av DGT

Alle konsentrasjoner er oppgitt som µg metall/l.

Stasjon	V1	V5	V7	V8
Temp (°C)	14	15	15	12
TIMER	670	671	670	670
Al	1,9213	13,4396	6,8621	1,2844
Cr	<1	<1	<1	<1
Mn	2,0832	7,8521	2,4946	5,7741
Fe	3,7178	7,7102	3,8799	3,1218
Co	0,0118	0,0107	0,0081	0,0082
Ni	0,0804	0,1462	0,1116	0,0931
Cu	0,2034	0,4180	0,2884	0,2894
Zn	1,1434	2,2571	1,6111	1,3683
Cd	0,0086	0,0081	0,0053	0,0068
La	0,0140	0,0624	0,0378	0,0209
Ce	0,0092	0,0685	0,0364	0,0150
Pr	0,0013	0,0096	0,0059	0,0025
Nd	0,0049	0,0396	0,0245	0,0103
Sm	0,0007	0,0062	0,0040	0,0016
Eu	0,0001	0,0010	0,0006	0,0002
Gd	0,0006	0,0046	0,0029	0,0012
Tb	0,0001	0,0007	0,0004	0,0002
Dy	0,0005	0,0039	0,0023	0,0012
Ho	0,0001	0,0008	0,0005	0,0003
Er	0,0004	0,0026	0,0018	0,0008
Tm	0,0001	0,0004	0,0003	0,0001
Yb	0,0004	0,0029	0,0018	0,0009
Lu	0,0001	0,0005	0,0003	0,0001
Pb	0,0036	0,0332	0,0211	0,0046
U	0,2202	0,2915	0,3363	0,1544

Vedlegg E. Rådata - PAH analyser av SPMD

Enhet: ng/SPMD.

Stasjon/ forbindelse	St V5	St. V7	St. V8	Kontroll
Naftalen	36	96	43	267
2-Metylnaftalen	20	50	44	372
1-Metylnaftalen	25	46	31	186
Bifenyl	20	34	20	19
2,6-Dimetylnaftalen	13	28	25	34
Acenaftylen*	10	12	9	<5
Acenaften*	53	113	16	<5
2,3,5-Trimetylnaftalen	37	31	47	<5
Fluoren*	64	97	45	5
Fenantren*	111	144	128	9
Antracen *	24	34	24	<5
1-Metylfeantren*	81	63	138	<5
Fluoranten*	192	207	249	<5
Pyren*	170	177	243	<5
Benz(a)antracen*#	12	12	16	<5
Chrysen+trifenylen*	14	16	22	<5
Benzo(b+j,k)fluoranten*#	14	14	18	<5
Benzo(e)pyren*	7	7	7	<5
Benzo(a)pyren*#	<5	<5	<5	<5
Perylen*	<5	<5	<5	<5
Indeno(1,2,3cd)pyren*#	<5	<5	<5	<5
Dibenz(a,c/a,h)antracen*#	<5	<5	<5	<5
Benzo(ghi)perylene*	<5	<5	<5	<5

* Forbindelser som inngår i Sum PAH.

Forbindelser som inngår i Sum KPAH.